

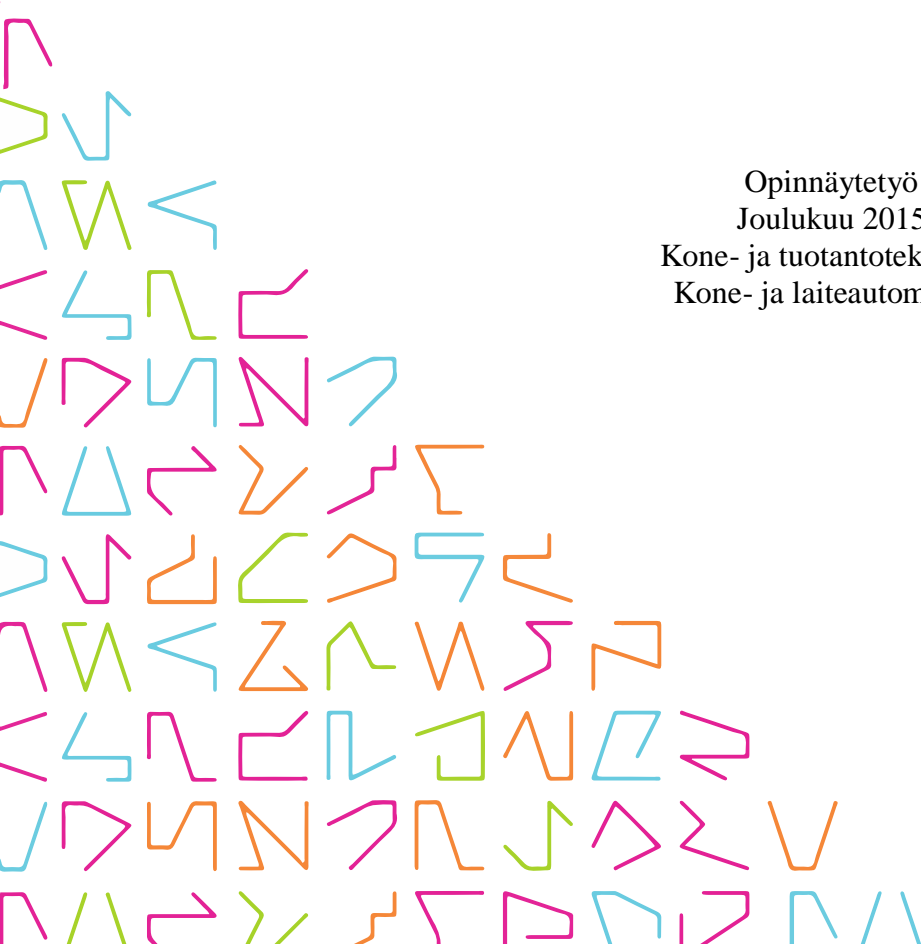


TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# ÄLYKÄS HUUVA

Antti Hyyppä

Opinnäytetyö  
Joulukuu 2015  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Kone- ja laiteautomaatio



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Kone- ja laiteautomaatio

HYYPPÄ, ANTTI:  
Älykäs Huuva

Opinnäytetyö 27 sivua, joista liitteitä 3 sivua  
Joulukuu 2015

---

Tampereen ammattikorkeakoulu hankki vuonna 2015 uuden hitsausrobotin, jolle haluttiin rakentaa hitsaustyökäluu automaattisesti seuraava huuva. Huuvan on tarkoitus imeä hitsauksessa syntyviä savukaasuja. Tämän opinnäytetyön aiheena oli huuvan ohjauksen ja automatisoinnin suunnittelu. Keskeisimmät tutkimusongelmat olivat: miten saada robotin ja huuvan paikkatiedot synkronisoitua, kuinka estää törmäykset ja miten laitetta ohjataan.

Huuvan ajamiseksi ja ohjaamiseksi tarvittavat laitehankinnat sekä ohjelma suunniteltiin. Tutkimusongelmat saatiin ratkaistua vähintään pintapuolisesti. Laitteen liikuttamiseksi valittiin pulssiantureilla varustetut askelmoottorit. Ohjaustavaksi valikoitui PC-ohjaus, huuvalle määritettiin paikka robotin koordinaatistoon ja törmäykset estettiin World Zone -toiminnolla.

Työn tekemiseen olisi kannattanut varata enemmän aikaa. Näin olisi voitu laitehankinnat tehdä ja mekaaninen rakennekin olisi ehditty toteuttaa. Mekaaninen toteutus saattaa vaikuttaa siihen, toimivatko työssä ehdotetut menetelmät huuvan liikuttamiseksi.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering  
Machine Automation

**HYYPPÄ, ANTTI:**  
Smart Fume Extractor

Bachelor's thesis 27 pages, appendices 3 pages  
December 2015

---

Tampere University of Applied Sciences purchased a new welding robot in 2015. A plan was made to build a fume extractor that would follow the robot automatically. The extractor was needed to suck smoke gases caused by welding. The purpose of this thesis was to design the automation and controlling for the extractor. The main problems were: how to get the position information synchronized between the robot and the extractor, how to prevent collision and how to drive the extractor.

Equipment and programming for driving and controlling the fume extractor were planned. Problems were solved at least superficially. Stepper motors with encoders were chosen to drive the machine. PC control was selected as the controlling method, a place was defined for the extractor in the coordinate system of the robot and collisions were prevented with World Zone function.

More time should have been reserved for doing the work. With more time the equipment could have been acquired and the mechanical structure could have been carried out. The final mechanism may have an influence on the functionality of the chosen components for driving the extractor.

---

Key words: fume extractor, automation, robotics

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	MOOTTOREIDEN VALINTA.....	6
2.1	Esiselvitys moottoreista .....	6
2.1.1	Servokäyttö .....	6
2.1.2	Askelmoottori.....	7
2.1.3	Taajuusmuuttaja .....	9
2.2	Moottorivaihtoehdot .....	10
3	ROBOTTI.....	12
3.1	Robotin yleisesittely.....	12
3.2	World Zone -toiminto .....	13
3.3	Robotin paikoitus ja rataohjaus.....	14
4	HUUVAN PAIKOITUS JA OHJAUS .....	16
4.1	Pulssianturi.....	16
4.2	Ohjausjärjestelmät.....	18
4.2.1	PLC eli ohjelmoitava logiikka .....	18
4.2.2	Slot-PLC ja Soft-PLC .....	19
4.3	Huuvan ohjaus .....	21
5	POHDINTA.....	23
	LÄHTEET.....	24
	LIITTEET .....	25
	Liite 1. Moottorivaihtoehtojen SWOT-analyysi.....	25
	Liite 2. PC-ohjauksen SWOT-analyysi .....	26
	Liite 3. Vuokaavio huuvan toiminnasta.....	27

## 1 JOHDANTO

Vuonna 2015 Tampereen ammattikorkeakoulun kone- ja auto- eli F-siiven alakerrassa tehtiin remonttia ja uudistuksia. Yksi uudistuksista oli uusi ABB:n hitsausrobotti. Hitsausrobotille haluttiin valmistaa automaattisesti hitsaustyökalua seuraava savunpoisto.

Automatisoitu huuva päätettiin toteuttaa opinnäytetyönä. Tämä opinnäytetyö keskittyy huuvan ohjauksen ja automatisoinnin suunnitteluun. Mekaniikan suunnittelu ja käytännön toteutus eivät kuuluneet tämän opinnäytetyön piiriin. Työn tavoitteena oli suunnittelutyön lisäksi kehittää opinnäytetyön tekijän omaa ammattitaitoa, syventää koulussa opittua ja soveltaa sitä käytäntöön.

Erinäisiä toimenpiteitä suunniteltiin projektin toteuttamiseksi. Huuvan liikuttamiseksi tuli valita moottorit ja paikkatiedon käyttöä tuli selvittää. Lisäksi piti keksiä järkevä menetelmä huuvan ohjaamiseksi ja keino robotin sekä huuvan liikkeiden synkronointiin. Myös ohjainohjelmiston toimintaa suunniteltiin.

Moottoreiden valinnan haasteena oli se, että mekaniikkaa ei oltu vielä suunniteltu. Tämän vuoksi oli arvioitava, minkälaisia kuormia moottoreiden tuli kestää. Myös ohjauksen suunnittelu tuotti haasteita, koska järjestelmän toimintaa ei voitu testata käytännössä. Komponenttien valitsemisessa hyödynnettiin SWOT-analyysia.

## 2 MOOTTOREIDEN VALINTA

### 2.1 Esiselvitys moottoreista

Aluksi tuli selvittää, millaisia vaihtoehtoja huuvaan liikuttaviin moottoreihin oli. Valitsemiseen vaikuttavia kriteerejä olivat nopeus, tarkkuus, pehmeä lähtö ja hinta. Laitteistolta vaadittiin tiettyä nopeutta, jotta toiminta robotin kanssa olisi sulavaa ja ripeää. Paikoituksen oli myös sujuttava riittävällä tarkkuudella, jotta laite toimisi oikein eikä törmäilisi. Pehmeät liikkeellelähdöt olivat tärkeitä laitteiston kestävyyskannalta. Projektilla oli myös varattu tietty budjetti, jota ei saanut ylittää.

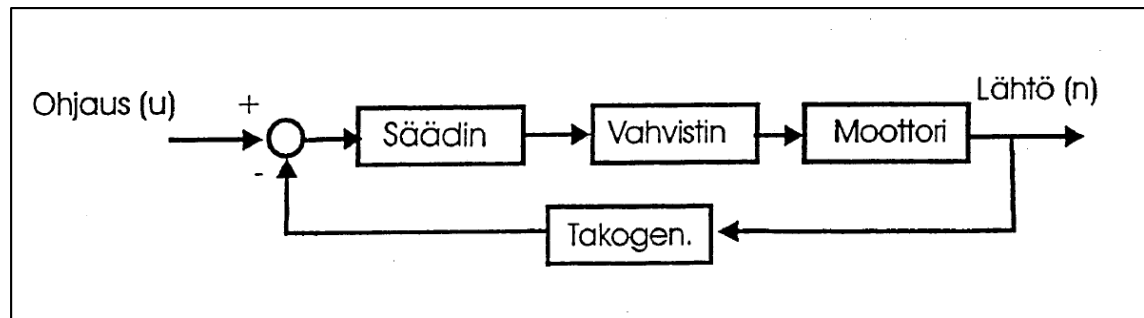
Mahdollisia vaihtoehtoja olivat servo-, askelmoottori- tai taajuusmuuttajakäyttö. Nämä olivat alkuarvauksena varteenotettavimmat vaihtoehdot. Kaikissa vaihtoehdoissa pyörivä liike muutetaan mekaniikan avulla lineaariseksi. Seuraavissa luvuissa on vaihtoehtoja tutkittu tarkemmin.

#### 2.1.1 Servokäyttö

Servojärjestelmä muodostuu suljetusta säätöpiiristä, johon kuuluu toimilaite, anturointi ja vahvistin. Oleellista järjestelmässä on mitatun suureen takaisinkytkentä ja ohjearvon jatkuva seuranta. Järjestelmän on kyettävä reagoimaan nopeasti ohjearvon suuriinkin muutoksiin ja ohjearvoa on pystyttävä seuraamaan tarkasti ilman värähtelyjä. Vaatimuksena on siis stabiili järjestelmä lyhyellä vasteajalla. (Järvinen 2013b, 2.)

Servojärjestelmät nimetään yleensä säädettävän suureen mukaan. Vaihtoehtoja ovat asemaservo, nopeusservo, voimaservo ja momenttiservo. (Järvinen 2013b, 2.) Liike toteutetaan yleensä servo- tai askelmoottorilla, jolla on pienen hitausmomentin ansiosta suuri kiihtyvyys (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2010, 157).

Tavallisesti asemaservoissa mittauselimenä toimii pulssianturi. Kalliimmissa järjestelmissä paikannukseen voidaan käyttää absoluuttista koodianturia tai resolveria. Nopeuden mittaamiseen käytetään yleensä takogeneraattoria (kuvio 1) tai pulssianturia. Järjestelmän ohjauksen toteuttaa mikrotietokone tai ohjelmoitava logiikka. (Keinänen ym. 2010, 157.)



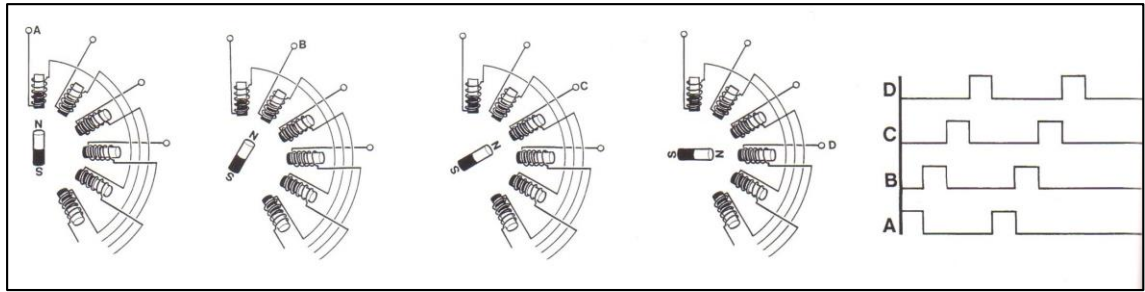
KUVIO 1. Suljettu säätöpiiri, nopeusservojärjestelmä (Järvinen, 2013)

Servo on vaihtoehtoista dynaamisin, eli nopeat liikkeet onnistuvat parhaiten ja pyörimisnopeudet ovat suurimmillaan. Ohjaimen valinnasta riippuen voidaan synkronoida useampi akseli toimimaan yhdessä. Hintaesimerkki 100 W Hiwin -servo ja Hiwin D2 -ohjain 500 €.

### 2.1.2 Askelmoottori

Askelmoottoreissa on käämitys staattorissa ja roottori koostuu kestmagneeteista tai magneettisesti pehmeästä hammastetusta metallista. Keskeisin ero tavallisiin sähkömoottoreihin on se, että askelmoottorit vaativat jatkuvaa virranohjausta pyöriäkseen. Virran askelmoottorin käämeissä on siis muututtava jatkuvasti. Kun askelmoottorin käämeihin kytketään virta, käämiin muodostuu magneettikenttä, joka vetää roottorin kestmagneetin toispuoleista magneettia puoleensa. (Järvinen 2013a, 1.)

Virran suuntaa muutettaessa muodostuu päinvastainen magneettikenttä, joka kääntää roottoria siten, että vastakkaismerkkiset magneetit ovat toisiaan vasten. Virran suunnan vaihtuessa roottori pyörähtää siis yhden askeleen (kuva 1). Roottorin pyörimisnopeus on suoraan verrannollinen käämeihin syötettävän virran muuttumistaajuuteen. (Järvinen 2013a, 1.) Askelkulma riippuu roottorin hammasten ja staattorikäämien vaiheiden lukumäärästä. Tyypillisiä askelkulmia ovat esimerkiksi  $0,72^\circ$ ,  $1,8^\circ$ ,  $2^\circ$ ,  $2,5^\circ$ ,  $5^\circ$  ja  $7,5^\circ$ . Koneautomaatiolaitteissa käytetään yleensä askelkulmaa  $1,8^\circ$ . (Keinänen ym. 2010, 151.)



KUVA 1. Askelmoottorin toimintaperiaate. (Keinänen, 2009)

Käämeissä muutosten välissä kulkeva virta pitää roottoria paikallaan. Nopea virranmuutos käämeissä aiheuttaa ongelmia, koska käämien induktanssi pyrkii vastustamaan virran muuttumista. Ohjaussignaali muuttuu askelmaisesti, mutta todellinen virrannousu on huomattavasti hitaampi. Käämivirran laskiessa muodostuu jännitepiikkejä, jotka voivat vaurioittaa ohjauselektronikkaa. Tämä ongelma on ratkaistu diodeilla. (Järvinen 2013a, 1.)

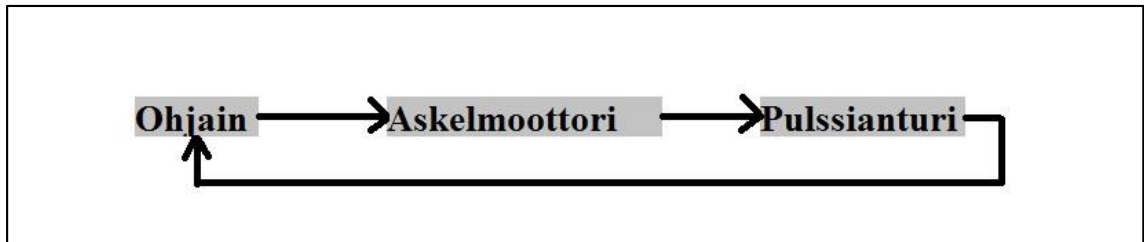
Virran muuttumiskuvion ollessa rampinomainen on ohjaustaaajuus varsin rajallinen. Tästä taas johtuu suhteellisen hidas pyörimisnopeus etenkin tiheäaskelisilla moottoreilla. Lisäksi vääntömomentti pienenee taajuuden funktiona tietyn rajataajuuden jälkeen. Askelmoottorien käyttö rajoittuu siis yleensä lähinnä pieniin ja kevyisiin sovelluksiin. (Järvinen 2013a, 1.)

Tärkein askelmoottorien ominaisuus on digitaalisen ohjauksen suora muuttaminen mekaaniseksi työksi ilman DA-muuntimia tai vastaavia. Toinen tärkeä ominaisuus on hyvä paikoitustarkkuus ilman minkäänlaista takaisinkytkentää. Askelmoottorisovellukset ovatkin siis halpoja ja yksinkertaisia toimilaitteita. (Järvinen 2013a, 1.)

Askelmoottori on siis ideaalivaihtoehto pieniin liikkeisiin ja usein sitä käyttämällä voidaan jättää alennusvaihe pois, koska siinä on vääntöä paljon juuri pienillä kierroksilla. Perinteisesti askelmoottoreissa on ollut riskinä askeleiden menettäminen kiihdytyksissä ja jarrutuksissa, mutta niihin on saatavilla pulssiantureita, joilla paikkatieto varmistetaan. Hintaesimerkki 60x60 mm Saehan -askelmoottori + Trinamic TMC2130 -ohjain 150 €.



Pulssianturilla varustettu askelmoottori, eli niin kutsuttu kevyt servo, on hyvä ja edullinen vaihtoehto kevyisiin sovelluksiin. Sen toimintaa on kuvattu kuviossa 2. Askelmoottori on takaisinkytketty ohjaukseen pulssianturin avulla, jolloin muodostuu suljettu säätöpiiri.



KUVIO 2. Askelmoottori pulssianturilla

### 2.1.3 Taajuusmuuttaja

Oikosulkumoottorit ovat yksi käytetyimmistä toimilaitteista koneautomaatiossa. Niitä hyödynnetään kuljettimissa, työstökoneissa, erilaisissa nostureissa sekä puhaltimien ja pumppujen käytöissä. Kolmivaiheisen oikosulkumoottorin nopeutta voidaan säätää napalukua muuttamalla sekä käyttämällä hammasvaihdetta tai variaattoria. Näillä ei kuitenkaan voida estää moottorin nopeaa liikkellelähtöä. (Keinänen ym. 2010, 159.)

Ratkaisu edellä mainittuihin ongelmiin on taajuusmuuttaja (kuva 2). Se muuttaa moottorin syöttöjännitteen taajuutta ja säätää siten pyörimisnopeutta vääntömomentin pysyessä kutakuinkin ennallaan. Taajuusmuuttajassa verkon syöttämä vaihtojännite tasasuunnataan ja saatu tasajännite muutetaan vaihtosuuntaajassa halutun taajuiseksi vaihtojännitteeksi. (Keinänen ym. 2010, 159.)



KUVA 2. Taajuusmuuttaja (ABB, 2015)

Taajuusmuuttaja on siis tehoelektronikkalaite, joka säättää sähkömoottorin kierrosnopeutta energiatehokkaasti. Sitä hyödyntämällä voidaan myös muuntaa uusiutuvista energianlähteistä tai jarrutuksesta saatu energia ja siirtää se sähköverkkoon tai paikalliseen kulutukseen. Sillä voidaan myös lukita moottori paikoilleen. (Vacon 2012.)

Taajuusmuuttaja mahdollistaa myös sähkömoottoreiden pehmeän käynnistymisen. Joustava liikkeellelähtö on välttämätön esimerkiksi kappalevarakuljettimissa, joissa tuotteet eivät saa kaatua tai luistaa kuljetuksen aikana. (Keinänen ym. 2010, 159.) Pehmeä käynnistys säästää sekä moottoria, että kaikkia sen vaikutuspiiriin kuuluvia järjestelmän osia. Hallitut käynnistykset ja pysäytykset estävät mekaanisia- ja paineiskuja. Osien kulutus vähenee, jolloin huolto- korjaus- ja vaihtokulut pienenevät.

## 2.2 Moottorivaihtoehdot

Näistä moottorivaihtoehdoista oli valittava parhaiten soveltuva. Eri moottorivaihtohtojen ominaisuuksia on kuvattu taulukossa 1. Moottorivaihtohtojen SWOT-analyysi on esitetty liitteessä yksi.

TAULUKKO 1. Moottorivaihtoehdot

	<b>Servo</b>	<b>Askelmoottori</b>	<b>Taajuusmuuttaja</b>
<b>nopeus</b>	nopea	kohtalainen	nopea
<b>tarkkuus</b>	hyvä	hyvä	kohtalainen
<b>pehmeä lähtö</b>	onnistuu	onnistuu	onnistuu
<b>hinta</b>	kallis	edullinen	kohtalainen
<b>vääntö</b>	hyvä	kohtalainen	hyvä
<b>ohjausmahdollisuudet</b>	hyvät	hyvät	kohtalaiset

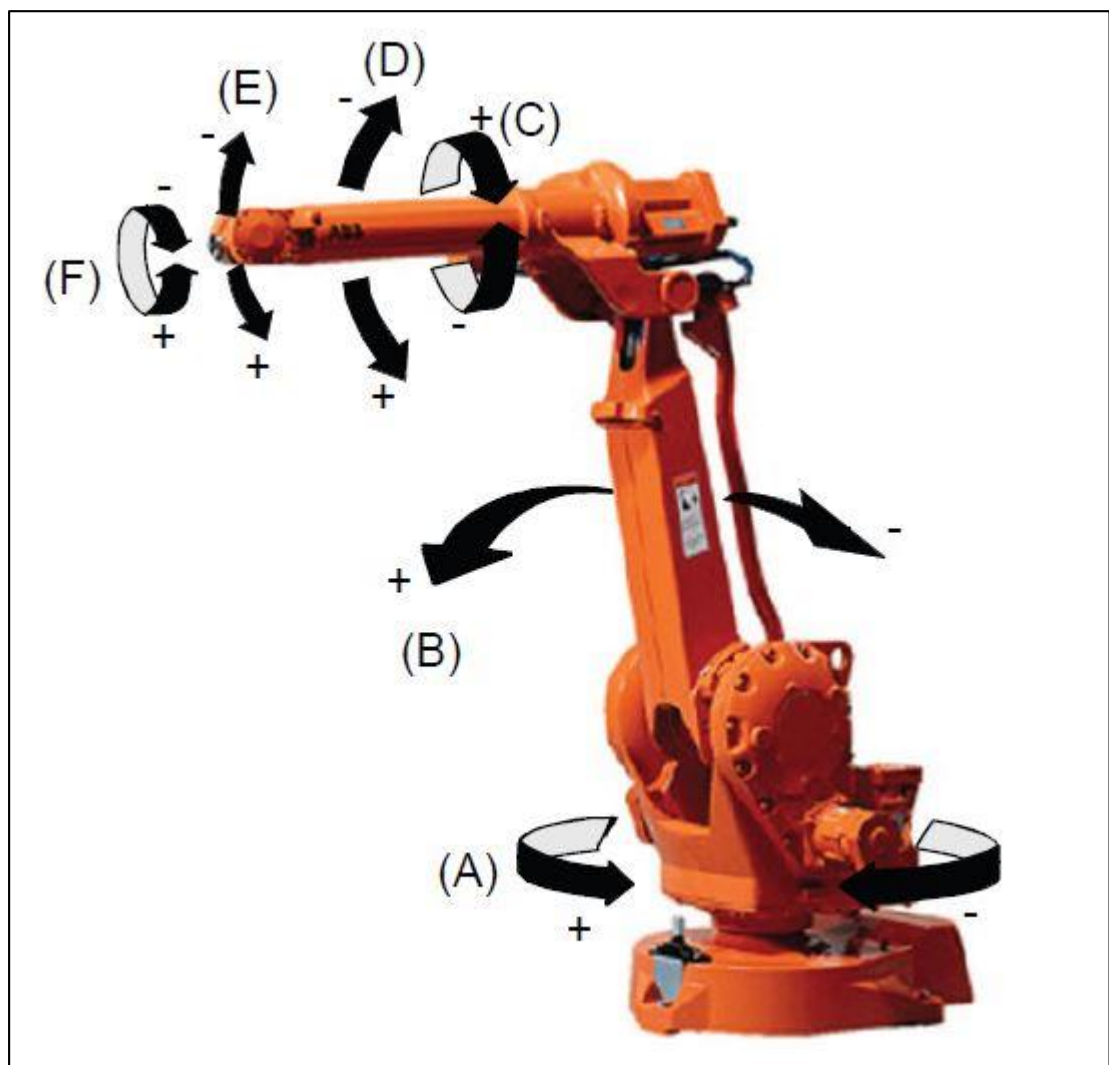
Näistä vaihtoehdoista vartenotettavia olivat servo ohjaimella ja pulssianturilla varustettu askelmoottori ohjaimella. Taajuusmuuttajakäytön paikoitustarkkuus ja ohjausmahdollisuudet eivät olleet sovellukseen riittävät.

Servo oli näistä vaihtoehdoista ominaisuuksiltaan ylivoimainen, mutta sen hintakin oli kaikkein korkein. Myös askelmoottori pulssianturilla riitti tarkkuudeltaan huuван liikuttamiseen ja vääntöäkin siinä oli riittävästi (2,1 Nm). Askelmoottori oli hinnaltaan selkeästi edullisempi vaihtoehto, joten se oli hyvä valinta huuван liikuttamiseen.

### 3 ROBOTTI

#### 3.1 Robotin yleisesittely

Käytetty robotti oli kuusiakselinen (kuva 3) ABB:n IRB 2400 teollisuusrobotti. Se on suunniteltu erityisesti joustavan robottipohjaisen automaatioteollisuuden käyttöön. Robottilla on avoin rakenne ja se soveltuu joustaviin sovelluksiin. Se pystyy myös kommunikoimaan laajasti ulkoisten järjestelmien kanssa. (ABB 2015a, 9.)



KUVA 3. Robotin akselit (ABB, 2015)

Robotti on varustettu IRC5 -ohjaimella ja RobotWare -hallintaohjelmistolla. RobotWare tukee jokaista robottijärjestelmän osa-aluetta, kuten liikkeenohjausta, sovellusohjelmien

suunnittelua ja suoritusta, kommunikointia ja niin edelleen. (ABB 2015a, 9.) Robottia ohjelmoidaan ABB:n omalla RAPID -ohjelmointikielellä.

Toiminnallisuuden lisäämiseksi robotti voidaan varustaa valinnaisella ohjelmistolla sovellustukea varten. Esimerkiksi liimaukseen ja hitsaukseen, kommunikointitoimintoihin sekä verkkokommunikointiin löytyy omat lisäohjelmistot. (ABB 2015a, 9.)

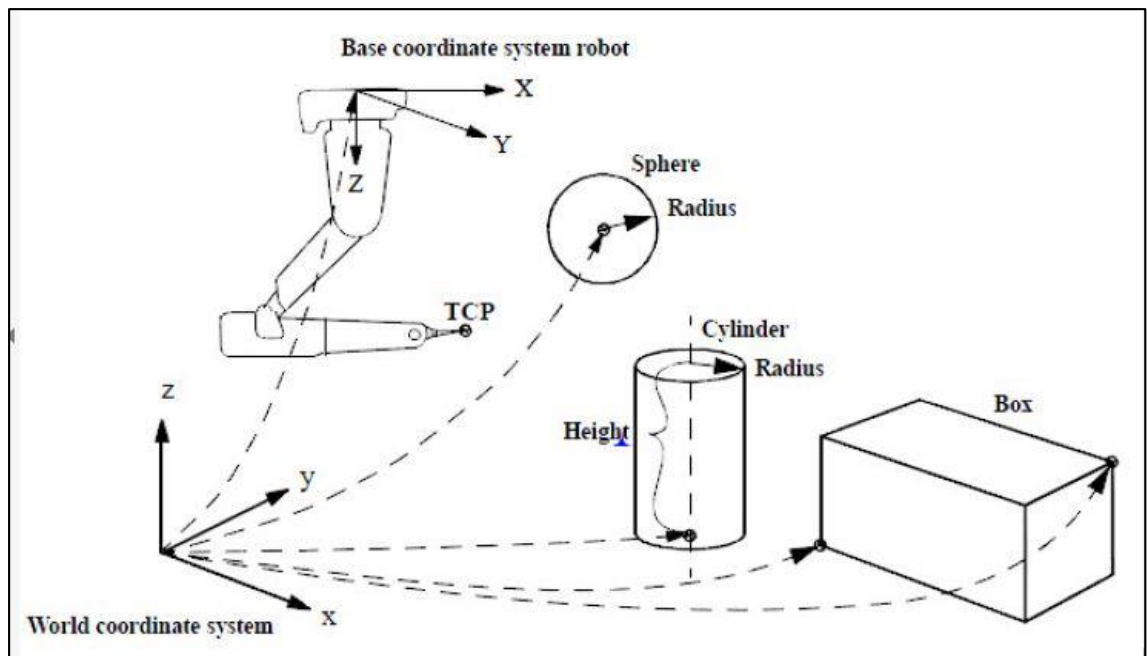
### **3.2 World Zone -toiminto**

Käytettäessä robotin World Zone -toimintoja, se joko pysähtyy tai asettaa lähdön päälle sen tullessa käyttäjän ennalta määräämään tilaan (ABB 2015b, 151). Seuraavassa kappaleessa on lueteltu muutamia esimerkkejä toiminnon käyttökohteista.

Kun kaksi robottia jakavat osan työalueestaan, mahdollisilta törmäyksiltä pystytään välttymään seuraamalla ulostulosignaaleja. Kun robotin työalueella on ulkoisia laitteita, robotille voidaan määrittää kielletty työskentelyalue törmäysten välttämiseksi. Kun tarvitaan tietoa siitä, että robotti on sijainnissa, jossa on luvallista suorittaa ohjelma ohjelmoitavasta logiikasta. (ABB 2015b, 151.)

World Zone -tilavuudet määritetään robotin maailmakoordinaatistossa. Tilavuudet voivat olla suorakulmisen särmiön, sylinterin tai pallon muotoisia (kuva 4). Särmiön sivut ovat koordinaattiakselien suuntaisia. Sylinterin akseli on samansuuntainen robotin z-akselin kanssa. (ABB 2015b, 152.)

World Zonella on kolme päätoimintoa. Ensimmäinen toiminto asettaa lähdön päälle työkalupisteen tullessa ennalta määrätylle alueelle. Toinen toiminto asettaa lähdön jo ennen kuin työkalupiste saavuttaa alueen. Kolmas toiminto pysäyttää työkalun juuri määritellyn alueen ulkopuolelle. (ABB 2015b, 152-153.)



KUVA 4. World Zone -tyypit (ABB, 2015)

### 3.3 Robotin paikoitus ja rataohjaus

Robotin toivotun liikeradan nurkkapisteet talletetaan robotin jalustassa olevaan peruskoordinaatistoon asemina. Ne muodostuvat X-, Y- ja Z-pisteestä sekä työkalukoordinaatiston asennosta kyseisessä pisteessä suhteessa jalustan peruskoordinaatistoon. (Aalto ym. 1999, 35.)

Liikerata määrittyy perättäisillä liikekäskyillä. Kun työkalu on asemassa tai nivelet ovat toteuttaneet käsketyn liikkeen riittävällä tarkkuudella, on liikekäsky valmis. Kun yksi liikekäsky on toteutunut, siirrytään seuraavaan liikekäskyyn. Kun liikekäskyjen joukkoon lisätään ympäristöä havainnoivia ehtoja, kommunikointia operaattorin kanssa, laskentaa ja prosessiantureiden ohjausta, syntyy robottiohjelmaa. (Aalto ym. 1999, 35.)

Robotin ohjelma muodostuu perättäisistä kohdeasemista. Liikerata pysytään siis aloittamaan mistä tahansa työkalun asemasta myös liikeradan ulkopuolelta. Liikeradalle saavutaankin tällöin ensimmäisen liikesegmentin suorituksen valmistuttua. (Aalto ym. 1999, 36.)

Sidottaessa robotin liikkeitä työkalukoordinaatistoon, voidaan samanlaisia tehtäviä toistaa useissa eri kohdissa ja asennoissa robotin työalueella. Työkalukoordinaatiston liikkeitä ovat tavallaan keino ihmisen käsityötaitojen siirtämiseen robotille ja toistamiseen aina

samanlaisena. On kuitenkin muistettava, ettei robotti ole yhtä tarkka ja herkkä kuin ihminen. Tästä syystä työkalut on aina sovitettava robotille sopiviksi. (Aalto ym. 1999, 36.)

## 4 HUUVAN PAIKOITUS JA OHJAUS

Laitteen oikean toiminnan kannalta oli keskeistä, että robotin ja huuvan paikkatietoa pystyttiin jatkuvasti hyödyntämään. Paikkatiedot oli yhdistettävä siten, että törmäyksiltä välttyttäisiin. Huuvan paikkatiedon määrittämiseen käytettiin pulssiantureita.

Lisäksi oli valittava soveltuva ohjaustapa huuvalle. Erilaisia vaihtoehtoja on esitelty tässä luvussa.

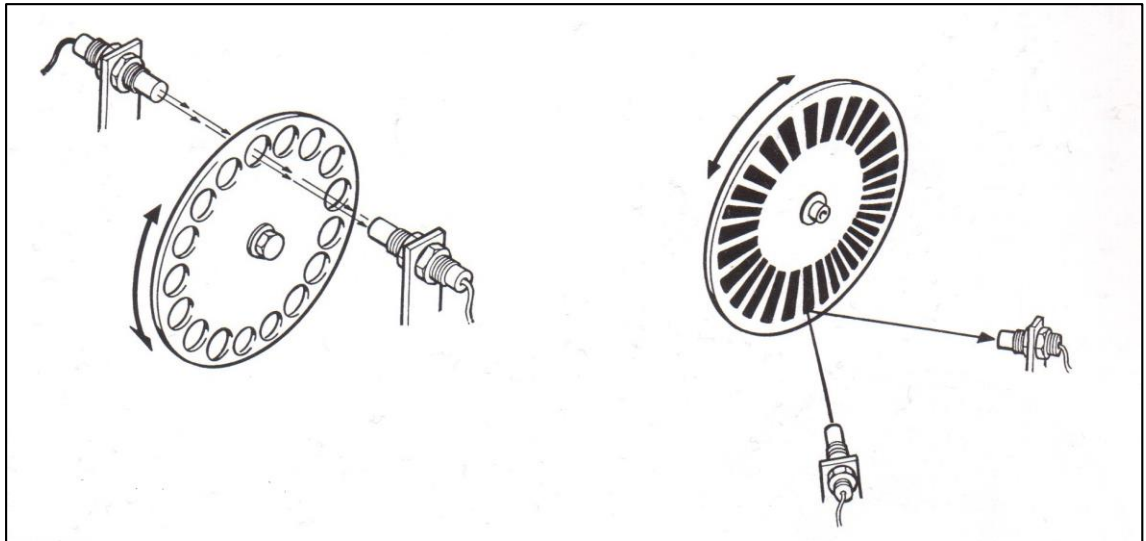
### 4.1 Pulssianturi

Inkrementaalisia pulssiantureita valmistetaan kiertyvinä ja lineaarisina. Absoluuttiase-man määrittämiseksi inkrementtianturi tarvitsee elektronisen laskurin, ohjelmoitavan lo-giikan tai mikrotietokoneen, joka laskee anturin antamat pulssit. Inkrementaalisella antu-rilla ei ole alkuasemaa, vaan se antaa viestiä edellisestä lukukohdasta eteenpäin. (Keinä-nen ym. 2010, 200.)

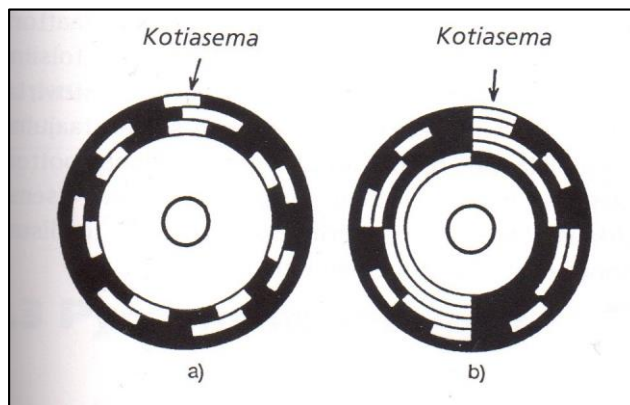
Inkrementaalisuudella tarkoitetaan sitä, että anturi antaa yhden pulssin kiertyessään yh-den jako-osan verran (Keinänen ym. 2010, 200). Absoluuttikulma-anturissa on koodi-kiekkö, jonka jokainen kulmasektori on erikseen eroteltavissa (Keinänen ym. 2010, 201).

Kuvassa 5 on esitetty yksinkertaisen optisen pulssianturin toimintaperiaate. Anturikie-kossa on vuorovälein valoa läpäiseviä ja valoa läpäisemättömiä sektoreita. Hilakiekon toisella puolella on valolähde ja toisella valokenno. Sektoreiden lukumäärä määrittää an-turin mittatarkkuuden. Mitä enemmän sektoreita, sitä suurempi on anturin resoluutio. Yleisesti erottelukyvyyt vaihtelevat välillä 10–5000 pulssia/kierros. Todellisuudessa hila-kiekossa on vähintään kolme rengaskehää, joita luetaan omilla valokennoillaan (kuva 6). Näin toimien joka kierrokselta saadaan nollapulssi ja pyörimissuunta voidaan määrittää. (Keinänen ym. 2010, 200.)





KUVA 5. Optisen pulssianturin toimintaperiaate (Sumujärvi, 2009)



KUVA 6. Hilakiekkaja (Kärkkäinen, 2009)

Kiertyvillä pulssiantureilla voidaan mitata myös nopeutta, koska anturin pulssitaajuus on suoraan verrannollinen pyörimisnopeuteen. Antureiden pulssijännitteet vaihtelevat välillä 5...24 VDC ja pulssien lukunopeudet 10...100 kHz. Hilakiekkaja on tehty lasista tai muovista ja anturin käyttölämpötila-alue on -10...+70 °C. (Keinänen ym. 2010, 201.)

Pulssianturi voidaan rakentaa myös lineaariseen eli suoraviivaiseen muotoon. Pulssikiekkaja on silloin korvattu viivaimella, joka on osa mittasauvaa. Viivatiheys voi olla esimerkiksi 10000 viivaa/tuumaa. Tällaisia lineaariantureita käytetään yleensä työstökoneiden pöytien ja kelkkojen aseman mittaamisessa ja tarkkuusmittalaitteissa. (Keinänen ym. 2010, 201.)

## 4.2 Ohjausjärjestelmät

Ohjausjärjestelmällä tarkoitetaan yleensä yksittäisen koneen tai toiminnon ohjaamiseen käytettävää ohjausta. Tällaisia ohjausjärjestelmiä ovat esimerkiksi ohjelmoitava logiikka (PLC), robotin ohjaus, PID-säädin ja NC-ohjaus. Ohjausjärjestelmissä on aina myös jonkinlainen paikallinen ja konekohtainen käyttöliittymä, jota hyödyntäen koneen käyttäjä voi suoraan vaikuttaa koneen toimintaan. (Keinänen ym. 2010, 210.)

Mikä tahansa ohjausjärjestelmä voi toimia tarpeen mukaan itsenäisesti, mutta yleensä ne on liitetty johonkin ylemmän tason järjestelmään. Ohjausjärjestelmäksi voidaan kutsua myös säätöjärjestelmää, joka toteutetaan yleisesti erillisellä säätöön tarkoitetulla ohjaimella. Ohjain suorittaa yksittäisen toiminnon kuten lämpötilan, pinnankorkeuden, nopeuden tai aseman ohjaamisen ja säätämisen. Nämä ohjaimet ovat yleensä PID-säätimiä tai omalla prosessorilla varustettuja paikoitusjärjestelmiä, jotka ohjaavat toimilaitetta ohjearvon mukaan monimutkaisia matemaattisia malleja hyödyntäen. (Keinänen ym. 2010, 210.)

### 4.2.1 PLC eli ohjelmoitava logiikka

Ohjelmoitava logiikka (kuva 7) on pieni mikroprosessorilla varustettu tietokone, jota käytetään reaaliaikaisten automaatioprosessien, esimerkiksi koneiden tai tuotantolinjojen ohjaukseen. Yhdellä logiikalla voi helposti korvata satoja tai jopa tuhansia aiemmin käytettyjä releitä ja ajastimia. (Keinänen ym. 2010, 212.)



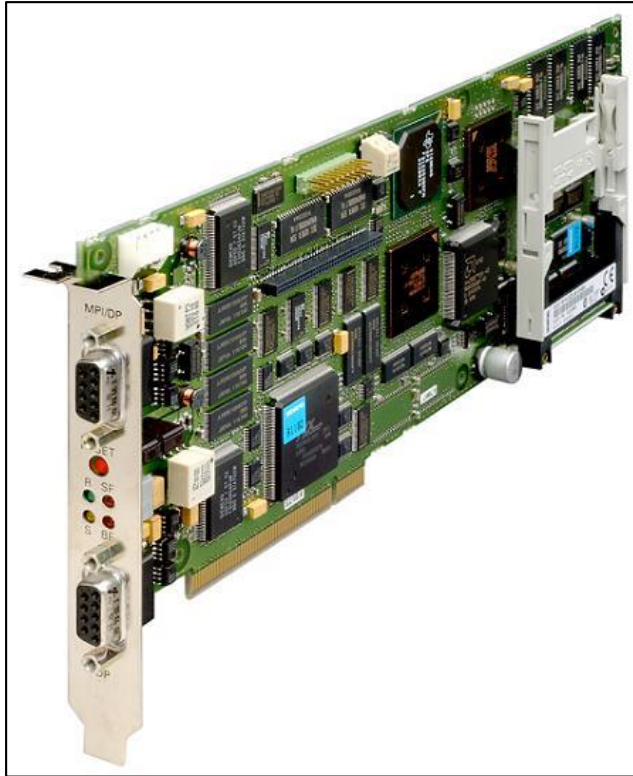
KUVA 7. Ohjelmoitavia logiikoita (Siemens, 2015)

Ohjelmoitavat logiikat otettiin ensiksi käyttöön autoteollisuudessa, missä uudelleen johdotukset ja tarvittavien toiminnallisten muutosten tekeminen järjestelmään helpottuivat, kun edellä mainitut voitiin toteuttaa yksinkertaisesti ohjelmistopäivityksellä. Myös logiikoiden sisäänrakennetut vikadiagnostiikkatoiminnot helpottivat vikatilanteiden ratkaisemista ja lyhensivät näin tuotantoseisokkeja. (Keinänen ym. 2010, 212.)

Ohjelmoitavassa logiikassa on tulo- ja lähtöportteja, joihin kaikki kentän toimilaitteet on kytketty. Logiikka ohjaa toimilaitteita antureilta saadun tiedon ja kirjoitetun ohjelman mukaisesti. Logiikoita on saatavilla hyvin erilaisia. Pienimmät logiikat on tarkoitettu korvaamaan muutamaa relettä ja ajastinta, kun taas isommat modulaariset logiikat voivat ohjata hyvinkin suuria ja monimutkaisia järjestelmiä. (Keinänen ym. 2010, 212.)

#### 4.2.2 Slot-PLC ja Soft-PLC

Slot-PLC on piirikortille rakennettu ohjelmoitava logiikka, joka liitetään tietokoneen ISA- tai PCI-korttipaikkaan. Se suorittaa oman prosessorinsa avulla prosessin ohjauksen itsenäisesti. Slot-PLC:ssä voi olla tulo- ja lähtöliityntöjä, mutta yleensä niissä käytetään jonkinlaista kenttäväyläratkaisua. (Keinänen ym. 2010, 213.) Siemensin Slot-PLC kuvassa 8.



KUVA 8. SIMATIC WinAC Slot PLC (Siemens, 2015)

Suurin etu tällaisessa ratkaisussa on se, että prosessin tarvitsema tietokoneohjaus ja logiikkaohjaus toimivat samassa laitteistossa ja näiden kahden eri tason ohjaukset voidaan liittää toisiinsa helposti ilman erillisiä tiedonsiirtoratkaisuja. Koska Slot-PLC toimii itsenäisenä laitteena, ei mahdollinen tietokoneen toimintahäiriö vaikuta sen ohjaaman prosessin suoritukseen. (Keinänen ym. 2010, 213.)

Soft-PLC on tietokoneessa suoritettava ohjelmapohjainen logiikka, joka suorittaa logiikkaohjelmaa reaaliaikaisesti suojatussa tilassa. Suojatussa tilassa sen takia, ettei se olisi riippuvainen tietokoneen muiden ohjelmien tai käyttöjärjestelmän tilasta. Myös Soft-PLC -ratkaisuihin hyödynnetään yleensä kenttäväylää. Soft-PLC:llä saavutetaan samat edut kuin Slot-PLC:llä. (Keinänen ym. 2010, 213.)

**Kenttäväylä** on yleisnimitys sellaisille tiedonsiirtomenetelmille, joissa hyödynnetään väylää sen sijaan, että jokainen anturi ja toimilaite olisi kaapeloitu suoraan logiikalle. Tämä yksinkertaistaa kytkentöjä ja helpottaa siten asennusta, vikadiagnostiikkaa ja muutosten tekemistä järjestelmään. (Siemens 2009.)

Väylään voidaan liittää älykkäitä laitteita, jotka aiemmin vaativat oman sarjaliikenneyhetyden ja liitäntäkortin automaatiojärjestelmässä. Kenttälaitteet voidaan liittää PLC-ratkaisujen lisäksi myös PC-ohjauksiin. Yleisimmät käytössä olevat kenttäväylätekniikat ovat AS-i ja profibus. (Siemens 2009.)

### 4.3 Huuvan ohjaus

Huuvan hallintaan oli valittava soveltuva ohjausmenetelmä. Valintaa tehdessä oli otettava huomioon tiettyjä seikkoja: ohjainlaitteiston oli kyettävä hyödyntämään robotilta saatavaa paikkadataa ja askelmoottorien ohjainyksikköjen sekä muiden komponenttien oli tuettava väylätekniikkaa.

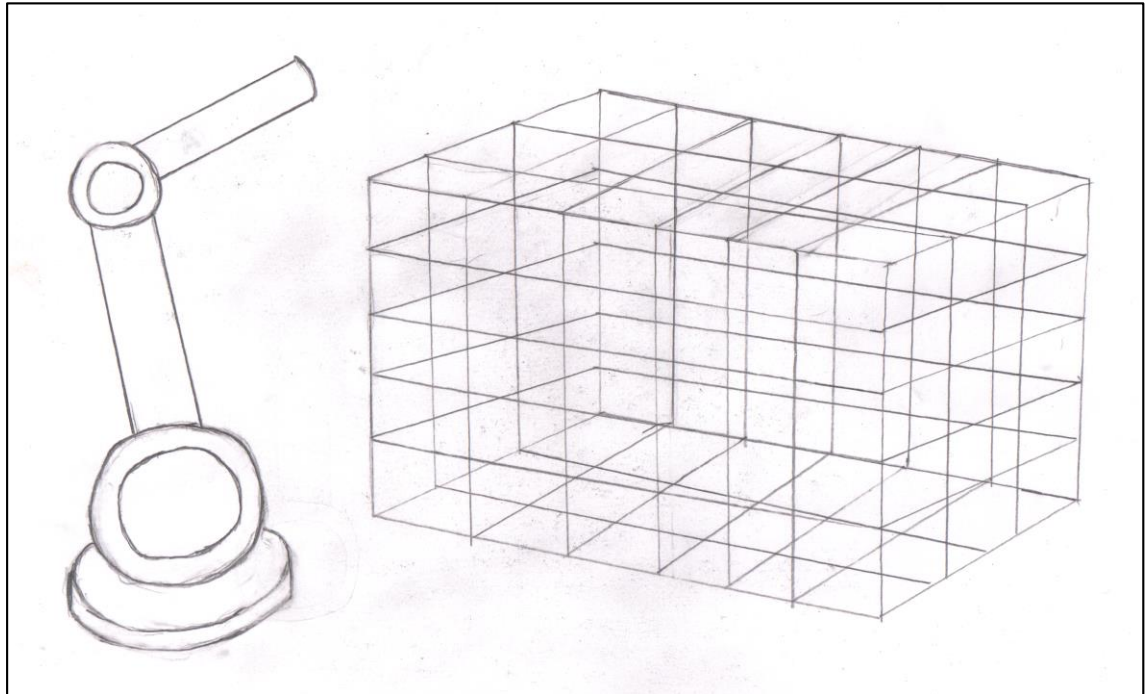
Väylää käyttämällä päästään hyödyntämään sen etuja, joista tässä tapauksessa merkittävimmät ovat sen tiedonsiirto-ominaisuudet. Ohjaustapoina voidaan tällöin käyttää PLC:tä tai PC-ohjausta. Tähän projektiin ohjaimeksi valittiin PC, koska sen avulla pystytään toteuttamaan monimutkaisempia ohjauksia kuin PLC:llä. PC-ohjauksen SWOT-analyysi on liitteessä kaksi.

Yksi vaihtoehtoista tiedonsiirtoon oli myös PC-socket -viestintä Ethernet IP:n välityksellä. Sillä robotin paikkadata voitaisiin saada suoraan tietokoneen C/C++ -ohjelmaan. Socket-viestintä on standardi, jota esimerkiksi UNIX ja Microsoft Windows tukevat.

Huuvulle on määritettävä kotiasema, joka vastaa tiettyä robotin koordinaattipistettä. Tämä kotiasema määritetään ajamalla robotin työkalupiste huuvan ”työkalupisteeseen”. Pulssiantureilta tuleva pulssitieto on muunnettava millimetreiksi, jotta huuvan ja robotin koordinaatit ovat yhteneväiset.

Kun robotti ei hitsaa, on huuva kotiasemassaan. Robotille on tehtävä taustaohjelma, joka lähettää robotin paikkadataa puolen sekunnin välein huuvan ohjaukselle ja kutsuu huuvaan ennen kuin robotti alkaa hitsata. Tätä paikkadataa hyödyntäen huuva voidaan ajaa tiettyyn sijaintiin suhteessa robotin työkalupisteeseen. Esimerkiksi robotin sijainti - 200 x + 150 z. Huuvan saavutettua paikkansa hitsaustyökalun vieressä kytkeytyy imuri päälle. Robotin lopetettua hitsauksen huuva lopettaa imun ja palaa kotiasemaansa. Huuvan toiminta on esitetty vuokaaviona liitteessä kolme.

Paikoituksen lisäksi ohjelmaan tulee sisällyttää World Zone -alueet (kuva 9). Alueiden on oltava samat robotilla ja huuvan ohjauksella. Alueiden tulee myös olla suorakulmaisen särmiön muotoisia, jotta huuvan koordinaatistoa pystytään hyödyntämään. Kuvan yksi kuutio vastaa yhtä World Zonea.



KUVA 9. World Zone -alueet

Robotin ollessa tietyn alueen sisällä, se lähettää I/O-signaalin, jolla se ilmoittaa paikansa. Huuva tietää tällöin, ettei se voi mennä kyseiselle alueelle. Vastavuoroisesti huuva lähettää myös tietoa sijainnistaan robotille, jolloin robotti osaa olla törmäämättä huuvaan.

Mahdollisia vikatilanteita silmällä pitäen on huuvan ohjaamiseksi myös hankittava käyttöliittymä, jolla sitä voidaan ohjata käsin. Lisäksi tarvitaan anturit, joilla määritetään äärirajat huuvan liikealueelle.

## 5 POHDINTA

Työn tavoitteena oli suunnitella automatisoinnin toteutus robotin hitsaustyökalua seuraavalle savunpoistolle. Komponenttien valinnassa onnistuttiin hyvin, mutta täyttä varmuutta niiden soveltuvuudesta ei voida luvata, sillä laitteen mekaniikasta ei ollut muuta tietoa kuin hahmotelma.

Moottoreiksi valikoituivat askelmoottorit edullisen hinnan ja hyvän tarkkuuden vuoksi. Huuvaa paikoitettiin pulssiantureilla, jotta paikkatietoa ei menetettäisi. Ohjaus suoritettiin PC:llä sen hyvän suorituskyvyn vuoksi. Huuva ja robotti saatiin toimimaan yhtenäisessä koordinaatistossa, kun huuvalle määritettiin kotiasema robotin koordinaatistoon.

Itse ohjauksen ja ohjelmiston suunnittelu jäi hyvin pintapuoliseksi, koska sitä ei päästy aikarajojen puitteissa käytännössä toteuttamaan. Ohjauksen mahdollisen toiminnan hahmottaminen oli vaikeaa, koska laitteistoa ei päästy todellisuudessa testaamaan. Alussa asetetut tavoitteet järjestelmän suunnittelulle kuitenkin saavutettiin. Huuvan toiminta saatiin määritettyä melko suoraviivaiseksi, ja tämä taas helpottaa ohjelmointia

Työ oli onnistunut, kun otetaan huomioon, ettei vastaavanlaista projektia ole aiemmin Tampereen ammattikorkeakoulussa tehty. Raportti antaa hyvän pohjan työn jatkamiseksi.

Projektin mahdollisten jatkajien kannattaa varata työhön hyvin aikaa, sillä esimerkiksi komponenttien hankkiminen kestää. Myös järjestelmän mekaaninen toteutus saattaa vaikuttaa siihen, toimivatko tässä työssä ehdotetut menetelmät huuvan liikuttamiseksi.

## LÄHTEET

Aalto, H., Heilala, J., Hirvelä, T., Kuivanen, R., Laitinen, M., Lehtinen, H., Lempiäinen, J., Lylynoja, A., Renfors, J., Selin, K., Siintoharju, T., Temmes, J., Tuovila, T., Veikkolainen, M., Vihinen, J. & Virtanen, A. 1999. Robotiikka. Vantaa: Tummavuoden Kirjapaino Oy.

ABB. 2015a. Product specification. IRB 2400. [pdf]. Julkaistu 30.3.2015.

ABB. 2015b. Technical reference manual. RAPID overview. [pdf]. Julkaistu 25.3.2015.

Järvinen, K. 2013a. Askelmoottorit1. [pdf]. Tulostettu 4.11.2013.

Järvinen, K. 2013b. Servotekniikka. [pdf]. Tulostettu 17.4.2013.

Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Lähetkangas, M. & Sumujärvi, M. 2010. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. 1.-2. painos. Helsinki: WSOYpro Oy.

Siemens. 2009. 02\_PROFIBUS\_yleiskuvaus. [pdf]. Tulostettu 10.8.2009.

Vacon. 2012. Mikä taajuusmuuttaja on ja miten se toimii?. internet-sivu. Luettu 16.10.2015. <http://www.vacon.com/fi-FI/Vacon/Media/Artikkelit/Mika-taajuusmuuttaja-on-ja-miten-se-toimii/>



## LIITTEET

### Liite 1. Moottorivaihtoehtojen SWOT-analyysi

#### Servokäyttö

<b>Vahvuudet</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- nopea</li> <li>- tarkka</li> <li>- korkea vääntömomentti</li> <li>- hyvät ohjausmahdollisuudet</li> </ul>	<b>Heikkoudet</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kallis</li> </ul>
<b>Mahdollisuudet</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- useamman akselin synkronointi</li> </ul>	<b>Uhat</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- rikkoutumisen aiheuttamat korjauskustannukset</li> </ul>

#### Askelmoottorikäyttö

<b>Vahvuudet</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- edullinen</li> <li>- yksinkertainen</li> <li>- tarkkuus</li> </ul>	<b>Heikkoudet</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- askelten menettäminen ilman pulsianturia</li> </ul>
<b>Mahdollisuudet</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kevyt servo pulssianturilla</li> </ul>	<b>Uhat</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- vääntömomentti ei riitä</li> </ul>

#### Taajuusmuuttajakäyttö

<b>Vahvuudet</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- nopea</li> <li>- hyvä vääntömomentti</li> <li>- pehmeäkäynnistys</li> </ul>	<b>Heikkoudet</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- epätarkka</li> <li>- ohjausmahdollisuudet</li> </ul>
<b>Mahdollisuudet</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- huoltokulujen ja osien vaihtokustannusten pieneneminen</li> </ul>	<b>Uhat</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- törmäykset huonon paikoituksen vuoksi</li> </ul>

## Liite 2. PC-ohjauksen SWOT-analyysi

<b>Vahvuudet</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- suorituskky</li> <li>- monipuoliset tiedonsiirto-ominaisuudet</li> <li>- suora yhteys ylemmän tason ohjaukseen</li> </ul>	<b>Heikkoudet</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ohjelmointi vaatii taitoa</li> <li>- yliampuva yksinkertaiselle ohjelmalle</li> </ul>
<b>Mahdollisuudet</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- järjestelmän laajentaminen</li> <li>- monimutkaiset ohjausohjelmat</li> </ul>	<b>Uhat</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- tietoturva</li> </ul>

Liite 3. Vuokaavio huuvan toiminnasta

